

Single-phase stepping motor with permanent magnet rotor - has even number of pole arms extending from opposite halves of stator into space around rotor

Patent number: CH668672
Publication date: 1989-01-13
Inventor: LECHNER HUBERT
Applicant: SAIA AG
Classification:
- **international:** H02K37/04
- **european:** H02K21/14C; H02K37/14
Application number: CH19850004741 19851105
Priority number(s): CH19850004741 19851105

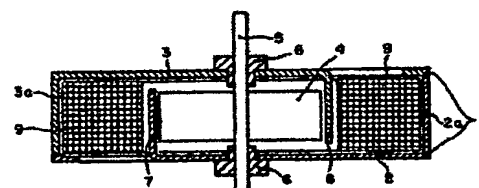
Also published as:

DE8628222U (U1)

[Report a data error here](#)

Abstract of CH668672

A motor with a predetermined direction of rotation comprises a permanent-magnet rotor (4) with an even number of poles and circumferential magnetisation, and a two-part stator (1) surrounding the coil (9). Small rectangular pole arms extend into the space between the rotor (4) and the coil (9), in pairs which have alternate polarity. The pairs of pole arms can be six in number and their spacing around the rotor is such that diametrically opposed pole arms (e.g. 7,8) are of opposite polarity and pertain to the respective parts (2,3) of the stator (1).
ADVANTAGE - Simple implementation of motor affords high efficiency even in region of low torque. Resultant radial force on rotor is reduced, even with small number of poles.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 668 672 A5

⑤① Int. Cl.⁴: H 02 K 37/04

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer: 4741/85

㉔ Anmeldungsdatum: 05.11.1985

㉔ Patent erteilt: 13.01.1989

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 13.01.1989

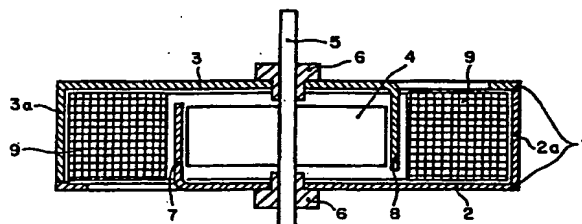
㉔ Inhaber:
Saia AG, Murten

㉔ Erfinder:
Lechner, Hubert, Zug

㉔ Vertreter:
Ammann Patentanwälte AG Bern, Bern

⑤④ Einphasenschrittmotor.

⑤⑦ Der Einphasenschrittmotor mit vorbestimmter Drehrichtung besteht aus einem 2p-polig auf dem Aussenumfang dauermagnetisierten Läufer (4) und einem zweiteiligen Ständer (1), der eine Spule (9) umgibt und mit sich in den Raum zwischen der Spule (9) und dem Läufer (4) erstreckenden Polarmen (7, 8) gebildeten Polen versehen ist. Der Ständer (1) bildet einen gegen aussen abgeschlossenen, in sich geschlossenen Magnetkreis. Von den jeweils paarweise gleiche Polarität aufweisenden aufeinander folgenden Polarmen (7, 8) fehlt, in Drehrichtung gesehen, an mindestens einer Stelle der erste Polarm, (7, 8). Im Fall von zwei ausgelassenen Polarmen (7, 8) sind die fehlenden Polarme (7, 8) diametral gegenüberliegend.



PATENTANSRÜCHE

1. Einphasenschrittmotor mit vorbestimmter Drehrichtung, mit einem dauermagnetischen Rotor, der $2p$ Pole wechselnder Polarität besitzt, und einem eine Erregerspule umgebenden Stator, dessen Polarme sich je nach Polarität von der einen oder anderen Seite des Stators in axialer Richtung in den Raum zwischen Erregerspule und den Rotor erstrecken und zum Teil mit wechselnder Polarität angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass, in Drehrichtung gesehen, an mindestens einer Stelle der erste Polarm (11a, 14a) eines Polarmpaares (10 bis 15) fehlt.

2. Einphasenschrittmotor nach dem Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellen mit fehlenden Polarmen (11a, 14a) einander diametral gegenüberliegen.

3. Einphasenschrittmotor nach dem Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Polarme (10b, 11b, bzw. 13b, 14b), die die Stelle eines ausgelassenen Polarms (11a, 14a) flankieren, in Richtung zum ausgelassenen Polarm (11a, 14a) verbreitert sind.

BESCHREIBUNG

Die Erfindung bezieht sich auf einen Einphasenschrittmotor mit vorbestimmter Drehrichtung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Einphasenschrittmotoren mit vorbestimmter Drehrichtung, die elektrische Impulse wechselnder Polarität in schrittweise Drehbewegungen umwandeln, weisen zur Bestimmung der Drehrichtung eine magnetische Unsymmetrie auf. Die magnetische Unsymmetrie bedeutet, dass der Nullpunkt des Rastmoments M_R nicht mit dem Nullpunkt des Schaltmoments M_S zusammenfällt. Beim Einphasenschrittmotor gemäss der CH-PS 541 893 wird diese Unsymmetrie dadurch erreicht, dass Hauptpole und Hilfspole vorgesehen sind, wobei die Hilfspole gegenüber den Hauptpolen um 45° el versetzt und derart angeordnet sind, dass vom Erregerstrom in den Hilfspolen kein resultierendes Drehmoment erzeugt wird. Die beiden Polarten sind Bestandteil eines zweiteiligen, kapselförmigen Ständers, wobei die Stirnseite der Kapsel im Bereich der beiden Enden der Hilfspole Ausparungen aufweist.

Zur Verbesserung des Wirkungsgrads wurde im CH-Patent Nr. 665 510 eine neuartige Anordnung der Polarme in zweierlei sich abwechselnden Gruppen vorgeschlagen, wobei die erste Art der Gruppen Polarme wechselnder Polarität und die zweite Art der Gruppen ausschliesslich gleichnamige Polarme aufweist. Die Polarme der Gruppen der ersten Art besitzen ungleiche Breiten, während die Polarme der Gruppen zweiter Art paarweise gleiche Polarität aufweisen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine einfache Ausführungsform des Einphasenschrittmotors anzugeben, welche einen hohen Wirkungsgrad auch im Bereich kleiner Motor Momente aufweist. Bei einer besonderen Ausführungsform der Erfindung soll die resultierende Radialkraft auf den Läufer auch bei einer kleinen Polzahl vermieden werden.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale des Kennzeichens des Patentanspruchs 1 gelöst.

Die Erfindung wird im folgenden anhand einer Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Schrittmotor in der Schnittdarstellung;

Fig. 2 eine Prinzipdarstellung der Polarmfolge des Schrittmotors und

Fig. 3 ein Diagramm.

Der Einphasenschrittmotor mit vorbestimmter Drehrichtung gemäss Fig. 1 besteht aus einem Ständer 1, der aus zwei Ständerhälften 2 und 3 gebildet ist, aus einem Läufer 4, dessen Achse 5 frei drehbar geführt ist, und aus einer Spule 9.

Die beiden Ständerhälften 2 und 3 bestehen aus einem weichmagnetischen Blech, das am Rande Laschen 2a oder 3a aufweist, die L-förmig rechtwinklig umgebogen sind, oder aus einer topfförmigen, durch eine Tiefziehoperation hergestellten Ständerhälfte 2, die die Teile 2a und 3a umfasst, und einer ebenen Ständerhälfte 3. Die beiden Ständerhälften 2 und 3 schliessen dicht aufeinander. Sie besitzen Pole, die durch aus den stirnseitigen Teilen der Ständerhälften 2 und 3 ausgestanzten und rechtwinklig nach innen in den Raum zwischen dem Läufer 4 und der Spule 9 umgebogenen Polarmen 7 und 8 gebildet sind. Zur besseren Übersicht sind nur die Polarme 7 und 8 der Ständerhälften 2 und 3 eingezeichnet, die in der Schnittebene liegen. Die Polarme 7 und 8 sind schmal und besitzen Rechteckform, so dass die Ausklüngen nur eine kleine nach aussen offene Fläche bilden.

Der Läufer 4 besteht aus einem zylinderförmigen Körper aus Dauermagnetmaterial, der auf dem Aussenumfang mit einer Polpaarzahl p in gleichen Winkelabständen magnetisiert ist. Da er zwischen zwei Ständerhälften 2 und 3 eingeschlossen ist und von den Polarmen 7 und 8 käfigartig umgeben ist, kann er von äusseren Magnetfeldern nicht beeinflusst werden und sein Magnetfeld nicht nach aussen wirken.

Die Polarme 7 und 8 sind — in Drehrichtung gesehen — paarweise mit der gleichen Polarität versehen und die Polarmpaare sind mit wechselnder Polarität angeordnet, wobei mindestens ein einzelner erster Polarm eines denkbaren Polarmpaares ausgelassen ist, was bei der Erklärung der Fig. 2 näher ausgeführt wird.

Die Spule 9 wird mittels bipolarer Gleichspannungsimpulse erregt, wobei die positiven und negativen Amplituden als gleich gross angenommen werden. Der Läufer 4 nimmt dabei um $180^\circ/p$ gegeneinander verschobene Positionen ein.

In der Fig. 2 ist für den Fall eines Einphasenschrittmotors mit einem sechspoligen Läufer 4 (d.h. $p = 3$) eine Polarmfolge dargestellt. Dabei sind jeweils die ersten Polarme jedes Polarmpaares 10 bis 15 mit dem Index a und die jeweils zweiten Polarme mit dem Index b versehen. Die Polarme 10a, 10b, 12a, 12b und 14b sind Bestandteile der Ständerhälfte 3 der Fig. 1, während die schraffiert gezeichneten Polarme 11b, 13a, 13b, 15a und 15b in der Ständerhälfte 2 angebracht sind. Die beiden Polarme eines Polarmpaares 10 bis 15 besitzen somit gleiche Polarität.

Aufeinanderfolgende Polarmpaare 10 bis 15 sind jeweils in wechselnder Polarität magnetisierbar. Die Polarmpaare 10 bis 15 sind in regelmässigen Winkelabständen $\alpha + \beta$ angeordnet. Der winkelmässige Abstand der einzelnen Polarme 10a, 10b, bzw. 12a, 12b, bzw. 13a, 13b, bzw. 15a, 15b innerhalb eines Polarmpaares 10 bis 15 ist mit β und der winkelmässige Abstand des ersten Polarms 10a bis 15a eines Polarmpaares 10 bis 15 vom zweiten Polarm 15b bis 10b des vorangehenden Polarmpaares mit α bezeichnet. Der winkelmässige Abstand α ist im wesentlichen gleich dem winkelmässigen Abstand β . In Drehrichtung gesehen sind im dargestellten Beispiel die gestrichelt gezeichneten Polarme 11a und 14a der denkbaren Polarme 11 und 14 ausgelassen. Infolge der durch die ausgelassenen Polarme 11a und 14a bewirkten Unsymmetrie des magnetischen Kreises sind die gestrichelt gezeichneten Raststellungen 16 des Läufers 4 gegenüber den ausgezogen gezeichneten und im wesentlichen mit den Mittelstellungen zwischen den beiden Polarmen der Polarmpaare 10 bis 15 übereinstimmenden Ständerhauptachsen 17 je um den Winkel $\phi_A = 45^\circ/p$ verschoben. Damit wird durch die einfache Art der Anordnung der Polarme 7 und 8 (Fig. 1), bzw. 10a bis 15b (Fig. 2) die Laufrichtung des Einphasenschrittmotors bestimmt. Dabei hat die Verwendung von erfindungsgemässen Polarmpaaren 10 bis 15 gegenüber nur einfachen Polarmen den Vorteil, dass das Rastmoment M_R (siehe Fig. 3) im wesentlichen durch die ausgelassenen Polarme erzeugt wird, weil ein einzelner Läuferpol, wenn er sich auf die

Mitte zwischen zwei benachbarten Polarmen ungleicher Polarität ausrichtet, praktisch die gleiche Reluktanz «sieht», wie wenn er sich auf die Lücke zwischen zwei benachbarten Polarmen gleicher Polarität ausrichtet, falls die winkelmässigen Abstände α und β im wesentlichen gleich sind. Das Rastmoment M_R (Fig. 3) kann durch Auslassen einzelner Polarme 11a und 14a fein abgestuft werden. Eine weitere Abstufung erfolgt, wenn die beiden Polarme, die die Stelle eines ausgelassenen Polarms flankieren, in Richtung zum ausgelassenen Polarm 11a, 14a verbreitert werden. Das Rastmoment M_R (Fig. 3) bestimmt das Schaltmoment M_S und im weiteren das Motormoment M_M . Durch die Möglichkeit, das Rastmoment M_R genau auf das geforderte Motormoment M_M abstimmen zu können, kann für den Schaltschritt Energie gespart und der Wirkungsgrad optimiert werden.

In der Darstellung der Fig. 2 liegen die Stellen, an denen Polarme 11a, 14a ausgelassen wurden, einander diametral gegenüber. Diese Ausführungsform besitzt den Vorteil, dass keine resultierende Radialkraft auf den Rotor 4 ausgeübt wird. Dadurch vermindert sich die Abnutzung der Lager 6 und der Einphasenschrittmotor gewinnt an Laufruhe. Diese radialkraftfreie Ausführungsform kann bereits bei einer Polpaarzahl $p = 2$ verwirklicht werden. Die jeweils ausgelassenen Polarme mit dem Index a können jedoch an beliebig anderen Stellen mit dem gleichen Index weggelassen sein. Es muss nur jeweils, in Drehrichtung gesehen, in jedem Fall der erste Polarm mit dem Index a ausgelassen werden.

Bei der Ausführungsform der Fig. 2 ist der Winkel $\alpha + \beta = 180^\circ/p = 60^\circ$. Der Winkel $\alpha = 90^\circ/p = 30^\circ$.

Im Diagramm der Fig. 3 sind die Motormomente in Funktion des Drehwinkels φ des Einphasenschrittmotors nach der Fig. 1 dargestellt. Beim Stand der Technik, z.B. nach der CH-PS 541 893, weisen die positiven und negativen Motormomente nur ein einziges ausgeprägtes Maximum auf, während ein zweites verkümmertes Maximum annähernd gleich gross wie ein vorhandenes Minimum ist. Wie aus dem Diagramm der Fig. 3 ersichtlich ist, weist beim erfindungsgemässen Einphasenschrittmotor der Winkel $p \cdot \varphi_A$ zwischen den Minimumstellen des Schaltmoments M_S und des Rastmoments M_R den Wert 45° auf. Der Wert des zweiten, vordem verkümmerten Maximums und auch der Wert des Minimums des Motormoments M_M werden dadurch stark angehoben. Daher entstehen die in der Fig. 3

gestellten Motormomente M_{M+} und M_{M-} , welche je zwei annähernd gleichgrosse Maxima besitzen, die durch ein stark angehobenes Minimum voneinander getrennt sind. Daraus resultiert ein verbesserter Wirkungsgrad.

Gemäss der Fig. 3 wird die Lage des Läufers 4 im stromlosen Zustand der Spule 9 der Fig. 1 durch ein Rastmoment M_R bestimmt, das z.B. einer Sinusfunktion folgt und die Nullachse bei 0° , 90° , 270° und 360° el schneidet. Bei positiver Erregung wirkt ein Motormoment M_{M+} , das sich aus dem Rastmoment M_R und einem durch die Erregung der Statorpole hervorgerufenen Schaltmoment M_{S+} zusammensetzt. Bei negativer Erregung wirkt ein Motormoment M_{M-} , das sich aus dem Rastmoment M_R und einem durch die Erregung der Statorpole hervorgerufenen gestrichelt gezeichneten Schaltmoment M_{S-} zusammensetzt, wobei das Schaltmoment M_{S-} den gleichen Verlauf wie das Schaltmoment M_{S+} aufweist, gegenüber diesem jedoch um 180° el nacheilt. Das Maximum der Kennlinie des Schaltmoments M_{S-} liegt idealerweise bei einem Drehwinkel φ , bei dem das Rastmoment M_R annähernd ein Minimum besitzt. Es gelten jeweils die Gleichungen:

$$M_{M+} = M_R + M_{S+} \quad \text{und} \\ M_{M-} = M_R + M_{S-}$$

Die Grösse des Erregerstromes wird vorzugsweise derart gewählt, dass die Amplitude der Schaltmomente M_{S+} und M_{S-} doppelt so gross sind wie die Amplitude des Rastmoments M_R . Es gilt dann:

$$M_{S+, \max} = M_{S-, \max} = 2 M_{R, \max}$$

Dadurch, dass der Läufer 4 in der Raststellung um den Winkel φ_A beim Anlaufen verdreht ist, ist beim Anlegen einer Spannung an die Spule 9 der Fig. 1 ein Anlaufdrehmoment vorhanden und der Läufer 4 erhält eine definierte Anlaufdrehrichtung, in der Fig. 2 in Uhrzeigerrichtung. Der Läufer 4 hat seine stabile Lage bei 0 und 180° el + jeweils $p \cdot \varphi_A$. Das Motormoment M_M ($0^\circ + p \cdot \varphi_A$) und ($180^\circ + p \cdot \varphi_A$) weist einen positiven Wert auf, was das erwünschte Anlaufdrehmoment hervorruft.

Der Ständer 1 der Fig. 1 des beschriebenen Einphasenschrittmotors kann auf einfache Art durch eine Tiefzieh- und/oder Stanzoperation mittels unkomplizierter Formen und Umbiegen der Polarme 7, 8 der Fig. 1 und 10a, 10b, 11b, 12a, 12b, 13a, 13b, 14b, 15a und 15b der Fig. 2 und der Läufer 4 durch Spritzen von ferrithaltigen Kunststoffmischungen hergestellt werden. Die Kleinheit der Öffnungen der Ausklunkungen und die Abschirmung des Läufers 4 durch die Polarme 7, 8 der Fig. 1 bzw. 10a, 10b, 11b, 12a, 12b, 13a, 13b, 14b, 15a und 15b der Fig. 2 gegenüber äusseren Magnetfeldern erweisen sich besonders günstig für den Antrieb von Zählwerken in Elektrizitätszählern, da sie zudem nur geringe Streufelder aufweisen.

Fig. 1

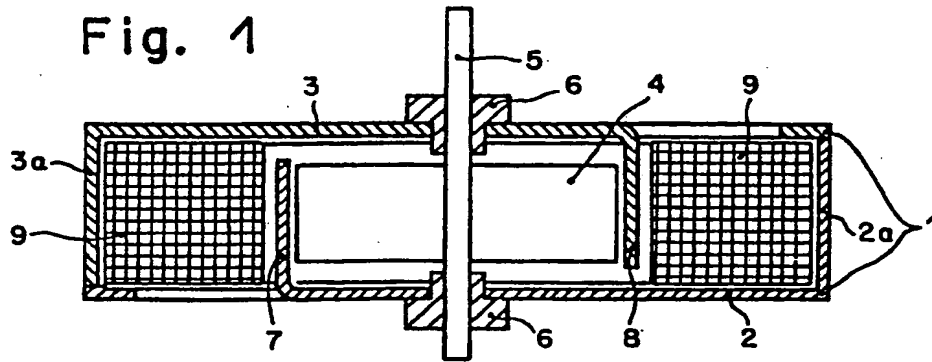


Fig. 2

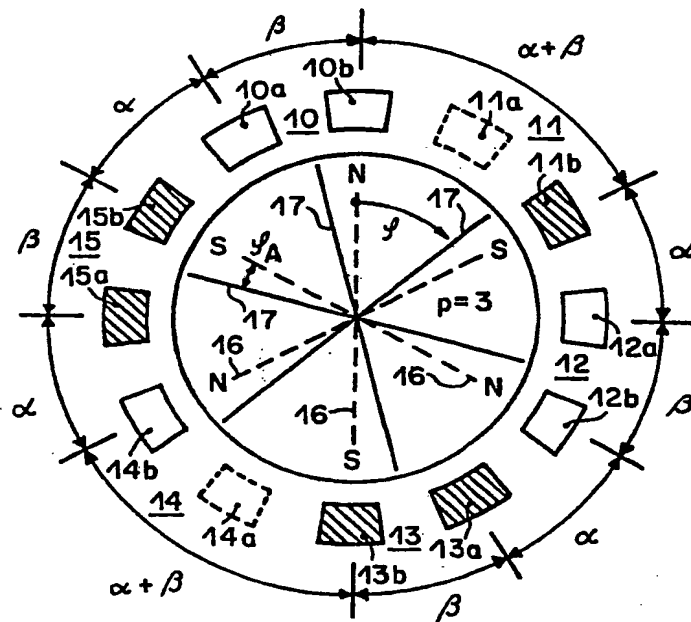


Fig. 3

